

# IHクッキングヒーターの パワーエレクトロニクス実装技術

中島浩二\* 竹下みゆき\*\*  
熊谷 隆\* 木下広一\*\*\*  
原田圭司\*

Power Electronic Packaging Technology for IH-Cooker

Koji Nakajima, Takashi Kumagai, Keiji Harada, Miyuki Takeshita, Hirokazu Kinoshita

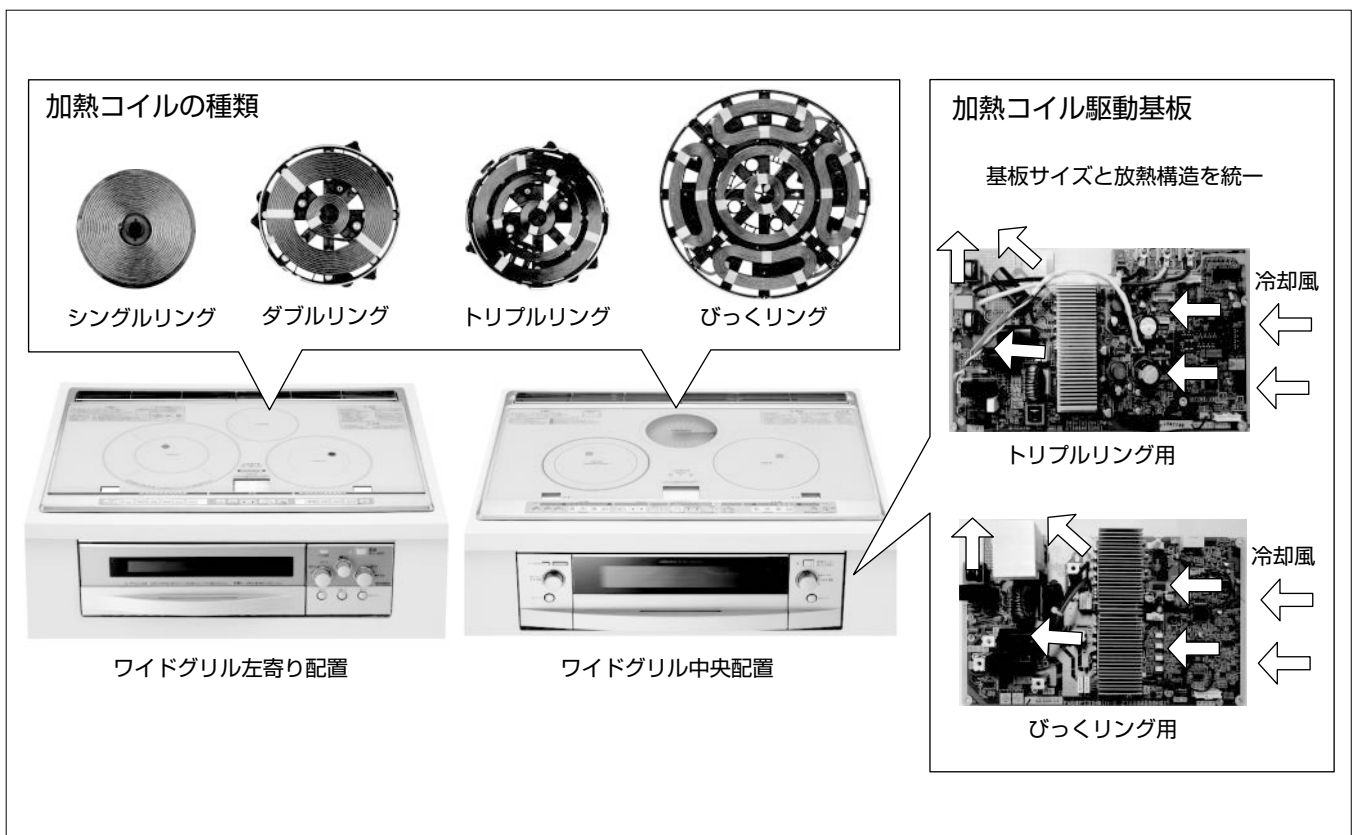
## 要 旨

IHクッキングヒーター市場は、ガスコンロからの置き換えに加え、新しい製品への買い換え需要も増加傾向にある。三菱電機は、ニーズの多様化に応えるため、調理機能が異なる4種類の加熱コイルと、幅360mm、奥行き296mmの横幅の広いワイドグリルの配置の組合せで、5機種の製品をラインアップした(2013年8月時点)。

“対流煮込み加熱”や“ゆでもの加熱”などの調理機能を持つ“トリプルリングコイル”と“びっくリングコイル”は、ほかの加熱コイルに比べて駆動回路が多く必要で、基板サイズが大きくなる。また、ワイドグリルの配置が異なると回路基板を収納できるスペースが大きく変動する。このような実装制約に合わせて個別に実装設計をすると開発期間が

長くなり、製品ごとに実装構造が異なると生産性も悪くなる。そこで、回路基板と放熱構造を標準化することで、開発期間を短縮し、生産性も向上させた。

加熱コイル駆動基板にパワー半導体を6素子内蔵した汎用のパワーモジュールが使用できる回路方式を考案し、これを適用してトリプルリングコイルとびっくリングコイルの基板を小型化し、他の加熱コイルの駆動基板と同等サイズにした。また、加熱コイルと駆動基板を冷却する放熱構造については、グリルの横に基板を縦置きに配置し、放熱フィンなどの基板上の大型部品の配置概念を全ての基板で同じにすることで、全機種で統一した。



## ワイドグリル搭載IHクッキングヒーターの製品ラインアップ

三菱電機は、シングルリングコイル、ダブルリングコイル、トリプルリングコイル、びっくリングコイルの4種類の加熱コイルとラジエントヒータを選択する3つの加熱部と、横幅の広いワイドグリルの左寄り配置と中央配置の2種類の配置の組合せで5機種の製品をラインアップした。これら製品ラインアップで、汎用パワーモジュールの活用と部品の配置概念を同じにすることで、加熱コイルの駆動基板のサイズと放熱構造を統一した。

1. ま え が き

IHクッキングヒーターの国内需要は、2012年度で73万台(三菱電機調べ)であり、普及率も年々増加している。近年は、ガスコンロからの置き換えに加え、新しい製品への買い換え需要も増加傾向にある。

三菱電機は、1999年に加熱コイルにシングルリングコイルを搭載した製品を発売し、その後、2001年に均一加熱性に優れたダブルリングコイルを、2007年に対流煮込み加熱などの調理機能を加えたトリプルリングコイルを、2011年に様々な形状の鍋に対応できるびっくリングコイルを開発してきた。これら4種類の加熱コイルと、幅360mm、奥行き296mmの横幅の広いワイドグリルの配置の組合せで、5機種の製品をラインアップし、多様化するニーズに対応している。

本稿では、これら製品のラインアップで、回路基板や放熱構造の標準化を可能としたパワーエレクトロニクス実装技術について述べる。

2. 回路の種類と実装制約

表1に示すように、右加熱部はダブルリングコイルとして、左加熱部は3種類の加熱コイルから選択し、中央加熱部はシングルリングコイルか金属発熱で鍋底を加熱するラジエントヒーター(RH)から選択し、ワイドグリルの配置を左寄りか中央配置から選択することで5機種の製品をラインアップしている。

図1に4種類の加熱コイルを示す。シングルリングコイルとダブルリングコイルは、1つの直列コイルで構成している。トリプルリングコイルは、内コイルと外コイルの2つのコイルで構成している。びっくリングコイルは、内コイルと上下の外コイルと左右の外コイルの3つのコイルで構成している。トリプルリングコイルとびっくリングコイルは、複数あるコイルを個別に駆動することで対流煮込み加熱などの様々な調理機能を実現できるが、駆動回路がコイルごとに必要となるため、シングルリングコイルとダブルリングコイルよりも基板サイズが大きくなる。

図2にグリルを左寄りに配置した場合と中央に配置した場合の基板収納スペースを示す。回路基板は、3つの加熱部の間と、グリルの横に配置する。加熱コイルの直径は、ダブルリングコイルとトリプルリングコイルが200mmであるのに対し、びっくリングコイルは260mmと大きさが異なる。そのため、左加熱部に搭載する加熱コイルによって回路基板を配置できるスペースが異なる。また、グリルの横のスペースも、左寄り配置の場合、幅120mmであるのに対し、中央配置では60mm×2箇所と異なる。また、加熱コイルとその駆動基板は冷却が必要で、基板、及び基板上の部品配置が冷却性能に大きく影響する。

このような製品ごとに異なる回路や実装制約に合わせて

表1. 製品ラインアップ

型番	左加熱部	中央加熱部	右加熱部	グリル
PT31H	びっくリングコイル	シングルリングコイル	ダブルリングコイル	左寄り
PG21H	びっくリングコイル	-	ダブルリングコイル	左寄り
T32H	トリプルリングコイル	シングルリングコイル	ダブルリングコイル	中央
G32H	トリプルリングコイル	ラジエントヒーター	ダブルリングコイル	中央
G32V	ダブルリングコイル	ラジエントヒーター	ダブルリングコイル	中央

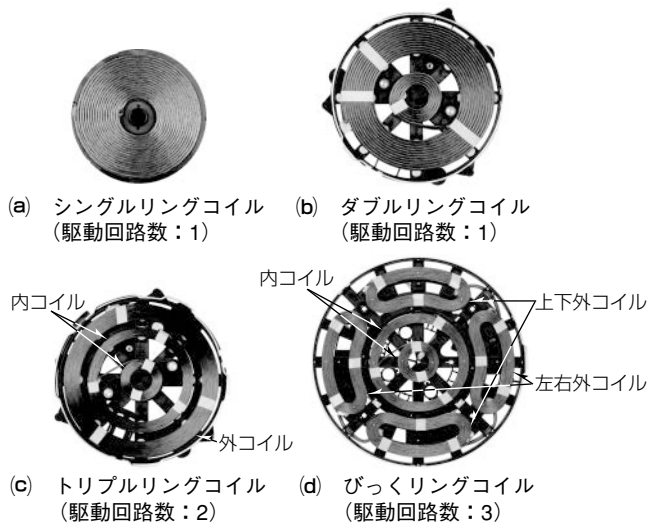


図1. 4種類の加熱コイル

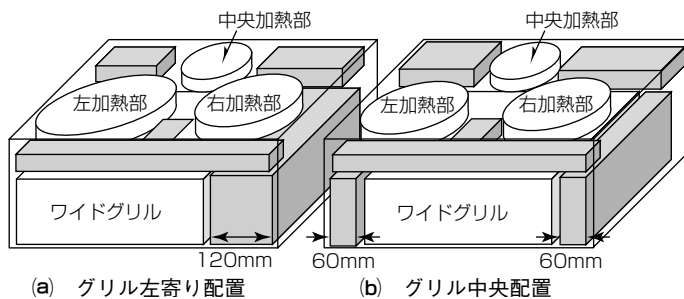


図2. 基板収納スペース

個別に実装設計すると、開発期間が長くなり、製品の生産性も悪くなる。そこで、回路基板、及び放熱構造を標準化することで、開発期間を短縮し、生産性を向上させた。

3. 回路基板と放熱構造の標準化

回路基板を標準化すると、電気性能と組立て性の設計評価の期間を短縮できる。基板の種類が異なっても、基板形状を同じにできれば、基板製造工程のプロセスや輸送の条件を統一でき、基板の生産性が向上する。また、基板収納スペースの制約で基板形状が異なっても、回路を共通にできれば、回路の設計評価の期間を短縮でき、電子部品の統一によって基板製造時の部品の切替え時間を削減できる。基板に加えて放熱構造も統一すると、風路を構成する部品や基板を固定する部品の設計期間と冷却性能の評価期間を

短縮できる。さらに、組立て工程を同じにできるため、生産性も向上できる。以下、5機種の製品での標準化について詳細を述べる。

3.1 制御電源とフィルタ回路の共通化

各回路を動作させるための直流電圧を生成する制御電源とノイズを除去するためのフィルタ回路は、製品ごとに必要な直流電圧やノイズ発生成分、ノイズ伝導経路が異なるため回路が異なる。そこで、設計の工夫によって、回路を共通化した。

各回路を動作させるために必要な直流電圧を、5機種で共通の電圧と製品仕様ごとに異なる電圧とに分け、生成する回路を2つに分割した。前者は、多出力絶縁型の制御電源回路で生成し、後者は、製品ごとに置き換える加熱コイル駆動基板と操作表示基板で生成するようにした。これによって、開発負荷の大きい多出力絶縁型の制御電源回路を共通にした。さらに、基板構成と配線を5機種の製品で同じにし、ノイズの伝導経路を統一したことで、フィルタ回路を共通にした。

3.2 基板配置

基板の配置は、グリル横の幅の狭いスペースをどう使うかがポイントとなった。図3に基板の横置き配置と縦置き配置の比較を示す。横置き配置とすると、基板の幅方向が狭く、基板一枚あたりの基板面積を広くとれない。製品の高さ方向には余裕があるため、二枚以上の基板を段積みすることになるが、基板間を接続する配線が必要で、配線の接続作業や組立て作業が増す。また、段積みされる各基板の発熱量に合わせて冷却風を分配する必要があり、風路が複雑になる。一方、縦置き配置は、部品の高さに制約があるが、一枚あたりの基板面積を広くとれ、風路も単純にできる。さらに、グリルの左寄り配置と中央配置で基板面積を同等にでき、風路構造も類似にできるため、標準化に適している。そこで、グリルの横には回路規模の大きい加熱コイル駆動基板を縦置きで配置することとした。

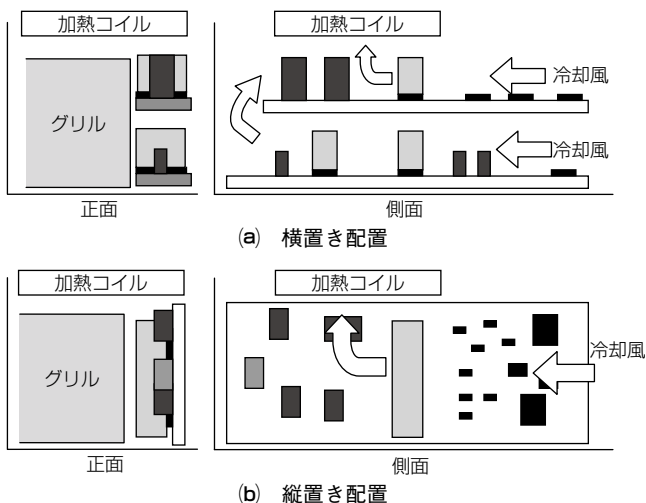


図3. 基板の横置き配置と縦置き配置の比較

図4にグリル左寄り配置の回路基板の配置を、図5にグリル中央配置の回路基板の配置を示す。大型部品の多いフィルタ、グリル駆動、RH駆動の3回路を、中央加熱部の右とその下に(図中点線)二枚の基板に分けて搭載した。大型部品の少ない制御電源回路を、グリル左寄り配置ではグリル横の二枚の加熱コイル駆動基板の間に、グリル中央配置では中央加熱部の左に搭載した。

3.3 加熱コイル駆動基板

3.3.1 駆動回路

図6に4種類の加熱コイルの駆動回路と使用した半導体素子を示す。

シングルリングコイル用とダブルリングコイル用の加熱コイル駆動回路には、半導体素子を放熱フィンへ取り付ける作業時間を短縮するため、半導体素子の数が少ないハーフブリッジ回路を採用した。

駆動回路の多いトリプルリングコイル用とびっくリングコイル用の加熱コイル駆動回路には、三相モータ駆動用パワーモジュールが使用できるように、2素子を共通として2組のフルブリッジ回路を6素子で構成する回路方式を考案し、適用した。これによって、ほかの加熱コイル駆動基板と同等サイズに小型化した。

3.3.2 部品配置

加熱コイル駆動基板と加熱コイルは、製品後方下部に配置するファンによって冷却する。製品後方の吸気口から流

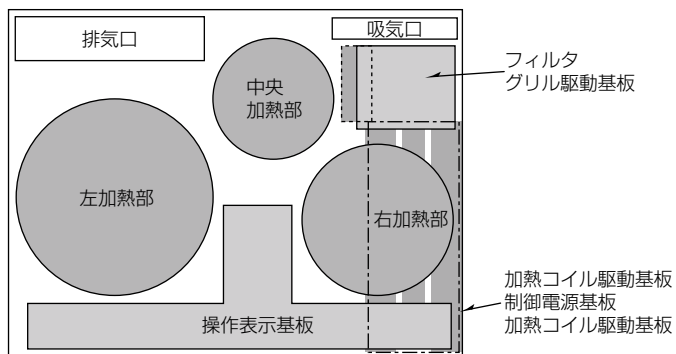


図4. グリル左寄り配置の回路基板の配置図

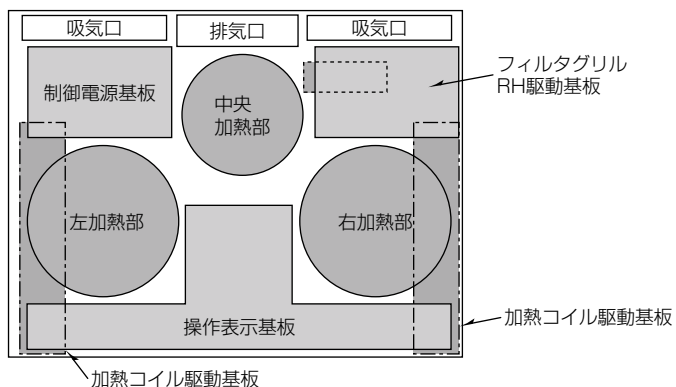
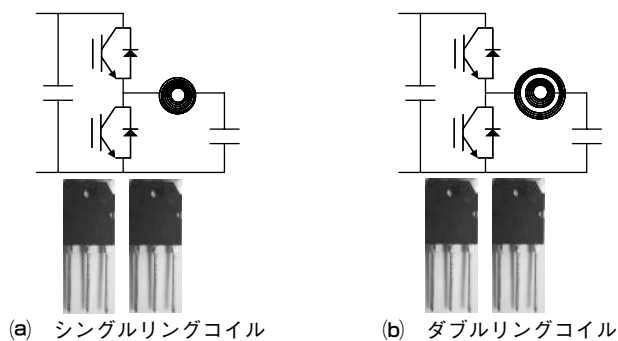
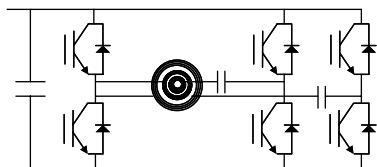


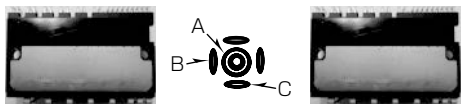
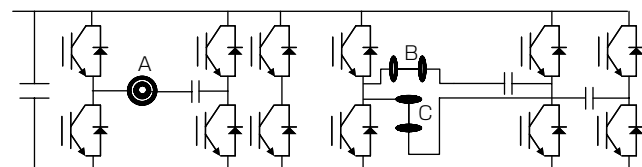
図5. グリル中央配置の回路基板の配置図



(a) シングルリングコイル (b) ダブルリングコイル



(c) トリプルリングコイル



(d) びっくりリングコイル

図 6. 加熱コイルの駆動回路と半導体素子

入する冷却風は、加熱コイル駆動基板を経由して加熱コイルに流れる。このような直列型の風路は、風路を形成する構造部品が少ないが、前方の加熱コイル駆動基板の部品配置が、風路の後方に配置する加熱コイルを冷却する能力に大きく影響する。図 7 に加熱コイル駆動基板の一例を示す。放熱フィンを基板の中央に配置し、大型部品を放熱フィンの風下側に上方に風を導くように配置した。風上側には、低背部品で構成する回路を配置するようにし、大型部品を配置する場合は、部品の長辺が風の流れと平行となるように配置した。このような部品の配置概念を全ての加熱コイル駆動基板で同じにすることで、どの加熱コイル駆動基板を搭載しても加熱コイルを冷却する能力が変わらないようにした。また、大型部品の長辺が風の流れと平行となるように配置することで、風上側では部品の冷却面を広くとれ、風下側では部品が風路の一部となり放熱フィン通過後の風速の高い冷却風を当てられるため、大型部品の冷却性能が向上し、熱に弱いコンデンサなどを小型化できた。

加熱コイル駆動基板の基板サイズと冷却風路の統一によって、回路基板の固定や放熱構造を標準化した。これによって、加熱コイル駆動基板と冷却ファン、固定部材を一体化したサブユニットをどの種類の加熱コイル駆動基板で

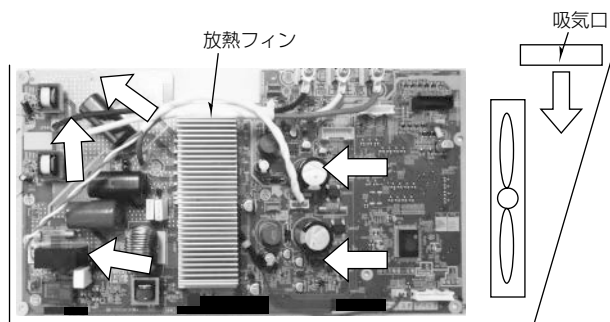


図 7. 加熱コイル駆動基板の一例

	回路の種類数	基板形状の種類数
フィルタ	5	2
グリル駆動	1	2
RH駆動	1	2
制御電源	5	2
操作表示	2	2
加熱コイル駆動	4	7



	回路の種類数	基板形状の種類数	標準化項目
フィルタ グリル駆動 RH駆動	1	2	回路の共通化
制御電源	1	2	回路の共通化
操作表示	2	2	—
加熱コイル駆動	3	1	基板サイズの統一 放熱構造の統一

図 8. 回路と基板形状の種類の削減

も同一形状とし、加熱コイルの種類が変わっても製品の組立て工程を同じにした。

### 3.4 回路基板の標準化

3.3項の発想で回路と基板形状を標準化した結果、図 8 に示すように、回路の種類を18種類から7種類に、基板形状を17種類から7種類に削減した。

## 4. むすび

4種類の加熱コイルと横幅の広いワイドグリルの配置を組み合わせた5機種の製品ラインアップで、回路基板、及び放熱構造を標準化した。IHクッキングヒーターの普及率は今後も増加すると見込まれる。多様化するニーズに対応するため、新しい調理機能の提案と製品ラインアップの充実化を進めていく。

## 参考文献

- (1) 私市広康, ほか: 汎用IPMのIHインバータへの適用, 三菱電機技報, **80**, No.6, 390~395 (2006)
- (2) 私市広康, ほか: 家庭用IHクッキングヒーター技術, 三菱電機技報, **84**, No.6, 339~342 (2010)
- (3) 菅 郁朗, ほか: 家庭用IHクッキングヒーター技術, 三菱電機技報, **86**, No.10, 568~571 (2012)